



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 108577

(13) U

(51) МПК

H03F 3/26 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 00019**

(22) Дата подання заявки: **04.01.2016**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.07.2016**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.07.2016, Бюл.№ 14**

(72) Винахідник(и):

**Азаров Олексій Дмитрович (UA),  
Богомолов Сергій Віталійович (UA),  
Гарнага Володимир Анатолійович (UA),  
Бац Андрій Вікторович (UA)**

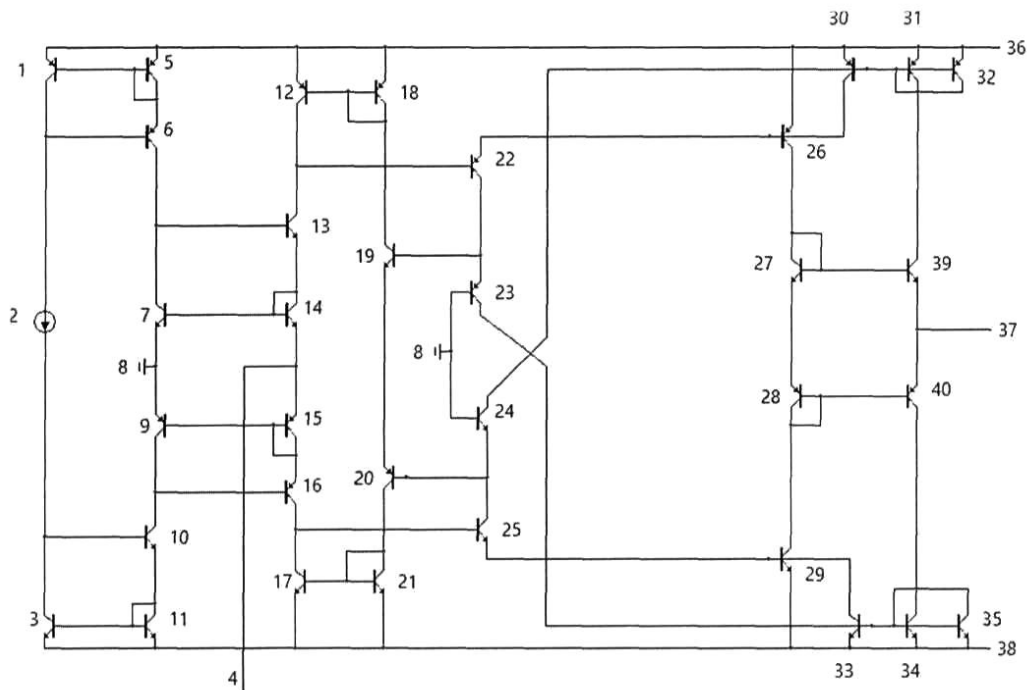
(73) Власник(и):

**ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021  
(UA)**

## (54) ДВОТАКТНИЙ СИМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ СТРУМУ

(57) Реферат:

Двотактний симетричний підсилювач струму, який містить джерело струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, тридцять два транзистори. Додатково в підсилювач введено два транзистори.



UA 108577 U



Корисна модель належить до імпульсної техніки і може бути використана в аналогово-цифрових перетворювачах і цифрових вимірювальних приладах.

Відомо двотактний симетричний підсилювач струму [Патент України № 18599 М.кл., бюл. № 11, 2006 р.], який містить коригуючий конденсатор, резистор зворотного зв'язку, джерело струму, шини додатного і від'ємного живлення, шину нульового потенціалу, вхідну і вихідну шини, двадцять вісім транзисторів, причому вхідну шину з'єднано з емітерами першого та другого транзисторів та першими выводами резистора зворотного зв'язку і коригуючого конденсатора, базу першого транзистора з'єднано з базою та колектором п'ятого транзистора, а також з колектором сьомого транзистора, який в свою чергу підключений базою до бази та колектора дев'ятого транзистора, сьомий та дев'ятий транзистори підключені емітерами до шини додатного живлення, колектор та база десятого та база восьмого транзисторів об'єднані, емітери десятого та восьмого транзисторів з'єднані з шиною від'ємного живлення, колектор восьмого транзистора з'єднано з колектором і базою шостого транзистора та базою другого транзистора, емітери п'ятого та шостого транзисторів підключені до шини нульового потенціалу, колектор першого транзистора з'єднано з базою п'ятнадцятого транзистора, а також з колектором третього транзистора, колектор другого транзистора з'єднано з базою шістнадцятого та колектором четвертого транзисторів, базу третього транзистора з'єднано з колектором і базою одинадцятого транзистора, а також з колектором дванадцятого транзистора, базу четвертого транзистора з'єднано з колектором та базою чотирнадцятого транзистора, а також з колектором тринадцятого транзистора, емітери дванадцятого та тринадцятого транзисторів об'єднано, емітери сімнадцятого та вісімнадцятого транзисторів об'єднано емітери дев'ятнадцятого та двадцятого транзисторів об'єднано та з'єднано з вихідною шиною, а також з другими выводами резистора зворотного зв'язку і коригуючого конденсатора, емітери четвертого, чотирнадцятого та колектор двадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, емітери третього, одинадцятого та колектор дев'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, колектор двадцять першого транзистора з'єднано з базою двадцять третього транзистора, базу двадцять першого транзистора з'єднано з базою та колектором двадцять п'ятого транзистора та емітером двадцять третього транзистора, колектор двадцять третього транзистора з'єднано з базою та колектором сімнадцятого транзистора, а також з базою дев'ятнадцятого транзистора, колектор двадцять другого транзистора з'єднано з базою двадцять четвертого транзистора, базу двадцять другого транзистора з'єднано з базою та колектором двадцять шостого транзистора та емітером двадцять четвертого транзистора, колектор двадцять четвертого транзистора з'єднано з базою та колектором вісімнадцятого транзистора, а також з базою двадцятого транзистора, базу та колектор двадцять сьомого транзистора з'єднано з колектором п'ятнадцятого транзистора, а також з базою дванадцятого транзистора, базу та колектор двадцять восьмого транзистора з'єднано з колектором шістнадцятого транзистора, а також з базою тринадцятого транзистора, емітери двадцять сьомого та двадцять восьмого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, джерело струму першим выводом з'єднано з базою та колектором дев'ятого транзистора, а також з базою сьомого транзистора, другий вивід джерела струму з'єднано з базою та колектором десятого транзистора, а також з базою восьмого транзистора. До недоліків слід віднести низьку точність завдання коефіцієнта передачі схеми, яка визначається низьким значенням коефіцієнта підсилення по струму при розірваній петлі зворотного зв'язку, що призводить до збільшення нелінійності.

За прототип вибрано двотактний симетричний підсилювач струму [Патент № 36692 М.кл., бюл. № 21, 2008 р.], який містить джерело струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, тридцять два транзистори, причому виводи джерела струму з'єднано з колекторами дев'ятого і десятого транзисторів відповідно, а також з базами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери дев'ятого, двадцять першого, десятого, двадцять другого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого з'єднано з базами і колекторами двадцять першого і двадцять другого транзисторів, а також з емітерами сьомого і восьмого транзисторів, колектори сьомого і восьмого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, а також з базами першого і другого транзисторів відповідно, емітери п'ятого і шостого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, а також з емітерами першого і другого транзисторів відповідно, вхідну шину з'єднано з першими выводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з емітерами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів, колектори третього і першого транзисторів з'єднані з базами

п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери третього, одинадцятого, п'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери четвертого чотирнадцятого і шістнадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази та колектори одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з колекторами дванадцятого і  
5 тринадцятого транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів об'єднано, колектори сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів з'єднано з базами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, а також з базами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, колектори дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери дев'ятнадцятого,  
10 двадцятого транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів відповідно, вихідну шину з'єднано з другими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з емітерами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів, двадцять дев'ятий, тридцятий, тридцять перший, тридцять другий транзистори, причому емітери двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, а також з емітерами третього і  
15 четвертого транзисторів відповідно, бази та колектори двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також з базами тридцять першого і тридцять другого транзисторів відповідно, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з базами дванадцятого, тринадцятого, дев'ятнадцятого та двадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, емітер двадцять п'ятого з'єднано з емітером двадцять шостого транзисторів.

Недоліком прототипу є недостатньо висока точність, так як недостатньо високий коефіцієнт підсилення, що призводить до збільшення похибок при роботі схеми.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення двотактного симетричного підсилювача струму, в якому за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними підвищується точність роботи завдяки збільшенню коефіцієнта передачі, це розширює галузь використання корисної моделі у різноманітних пристроях імпульсної та обчислювальної техніки,  
30 автоматики тощо.

Поставлена задача вирішується тим, що у двотактний симетричний підсилювач струму, який містить джерело струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, тридцять два транзистори, причому виводи джерела струму з'єднано з колекторами дев'ятого і десятого  
35 транзисторів відповідно, а також з базами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери дев'ятого, двадцять першого, десятого, двадцять другого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого з'єднано з базами і колекторами двадцять першого і двадцять другого транзисторів, а також з емітерами сьомого і восьмого транзисторів, колектори сьомого і восьмого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, а також з базами першого і другого транзисторів  
40 відповідно, емітери п'ятого і шостого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, а також з емітерами першого і другого транзисторів відповідно, вхідну шину з'єднано з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з емітерами двадцять третього і двадцять  
45 четвертого транзисторів, колектори третього і четвертого транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери третього, одинадцятого, п'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною додатного живлення, емітери четвертого, чотирнадцятого і шістнадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази та  
50 колектори одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з колекторами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів об'єднано, колектори сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів з'єднано з базами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, а також з базами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, колектори дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери дев'ятнадцятого,  
55 двадцятого транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів відповідно, вихідну шину з'єднано з другими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з емітерами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів, двадцять дев'ятий, тридцятий, тридцять перший, тридцять  
60 другий транзистори, причому емітери двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з

базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, а також з емітерами третього і четвертого транзисторів відповідно, бази та колектори двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також з базами тридцять першого і тридцять другого транзисторів відповідно, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з базами дванадцятого, тринадцятого, дев'ятнадцятого та двадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, емітер двадцять п'ятого з'єднано з емітером двадцять шостого транзисторів, введено два транзистори, причому емітери двадцять третього та двадцять четвертого транзисторів об'єднано і з'єднано з вхідною шиною, колектори третього і першого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою п'ятнадцятого транзистора, колектори другого і четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою шістнадцятого транзистора, емітер дванадцятого транзистора з'єднано з емітером тринадцятого транзистора, колектор п'ятнадцятого і емітер тридцять першого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою дванадцятого транзистора, емітер тридцять другого і колектор шістнадцятого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою тринадцятого транзистора, бази тридцять першого і тридцять другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітер п'ятнадцятого і базу тридцять третього транзисторів об'єднано та з'єднано з колектором сімнадцятого транзистора, емітер шістнадцятого і базу тридцять четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з колектором вісімнадцятого транзистора, колектор тридцять першого транзистора з'єднано з базами вісімнадцятого, двадцятого та двадцять шостого транзисторів, колектор тридцять другого транзистора з'єднано з базами сімнадцятого, дев'ятнадцятого та двадцять п'ятого транзисторів, колектор двадцять п'ятого транзистора об'єднано і з'єднано з базами дев'ятнадцятого, сімнадцятого, колектором тридцять другого транзисторів та з'єднано з колекторами дев'ятнадцятого та двадцять сьомого транзисторів, колектор двадцять шостого транзистора об'єднано і з'єднано з базами двадцятого, вісімнадцятого, колектором тридцять першого транзисторів та з'єднано з колекторами двадцятого та двадцять восьмого транзисторів, колектори тридцять третього та двадцять дев'ятого об'єднано і з'єднано з базами двадцять дев'ятого та двадцять сьомого транзисторів, колектори тридцять четвертого та тридцятого об'єднано і з'єднано з базами двадцять тридцятого та двадцять восьмого транзисторів, емітер двадцять дев'ятого з'єднано з емітером тридцятого транзисторів, емітери дев'ятого, двадцять першого, третього, одинадцятого, сімнадцятого, дев'ятнадцятого та двадцять п'ятого транзисторів підключено до шини додатного живлення, емітери десятого, двадцять другого, четвертого, чотирнадцятого, тридцять четвертого, вісімнадцятого, двадцятого, двадцять шостого транзисторів підключено до шини від'ємного живлення, емітери двадцять сьомого та двадцять восьмого транзисторів об'єднано і з'єднано з вихідною шиною.

На кресленні представлено принципову схему двотактного симетричного підсилювача струму.

Пристрій містить джерело струму 2, яке з'єднано з колекторами дев'ятого 1 і десятого 3 транзисторів відповідно, а також з базами сьомого 6 і восьмого 10 транзисторів відповідно, емітери дев'ятого 1, двадцять першого 5, десятого 3, двадцять другого 11 транзисторів з'єднано з шинами додатного 36 і від'ємного 38 живлення відповідно, бази дев'ятого 1 і десятого 3 з'єднано з базами і колекторами двадцять першого 5 і двадцять другого 11 транзисторів, а також з емітерами сьомого 6 і восьмого 10 транзисторів, колектори сьомого 6 і восьмого 10 транзисторів з'єднано з колекторами п'ятого 7 і шостого 9 транзисторів відповідно, а також з базами першого 14 і другого 17 транзисторів відповідно, емітери п'ятого 7 і шостого 9 транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 8, бази п'ятого 7 і шостого 9 транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять третього 15 і двадцять четвертого 16 транзисторів відповідно, а також з емітерами першого 14 і другого 17 транзисторів відповідно, вхідну шину 4 з'єднано з першими виводами резистора зворотного зв'язку 20 та коригуючого конденсатора 21, а також з емітерами двадцять третього 15 і двадцять четвертого 16 транзисторів, колектори третього 12 і четвертого 19 транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого 28 і шістнадцятого 33 транзисторів відповідно, емітери третього 12, одинадцятого 22, п'ятнадцятого 28 транзисторів з'єднано з шиною додатного 36 живлення, емітери четвертого 19, чотирнадцятого 27 і шістнадцятого 33 транзисторів з'єднано з шиною від'ємного 38 живлення, бази та колектори одинадцятого 22 і чотирнадцятого 27 транзисторів з'єднано з колекторами дванадцятого 23 і тринадцятого 26 транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого 30 і вісімнадцятого 31 транзисторів об'єднано, колектори сімнадцятого 30 і вісімнадцятого 31 транзисторів з'єднано з базами дев'ятнадцятого 34 і двадцятого 37 транзисторів відповідно, а

також з базами дванадцятого 23 і тринадцятого 26 транзисторів відповідно, колектори дев'янадцятого 34 і двадцятого 23 транзисторів з'єднано з шинами додатного 36 і від'ємного 38 живлення відповідно, емітери дев'янадцятого 34, двадцятого 37 транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять сьомого 35 і двадцять восьмого 36 транзисторів відповідно, вихідну шину 39 з'єднано з другими виводами резистора зворотного зв'язку 20 та коригуючого конденсатора 21, а також з емітерами двадцять сьомого 35 і двадцять восьмого 36 транзисторів, двадцять дев'ятий 13, тридцятий 18, тридцять перший 29, тридцять другий 32 транзистори, причому емітери двадцять дев'ятого 13 і тридцятого 18 транзисторів з'єднано з базами п'ятнадцятого 28 і шістнадцятого 33 транзисторів відповідно, а також з емітерами третього 12 і четвертого 19 транзисторів відповідно, бази та колектори двадцять дев'ятого 13 і тридцятого 18 транзисторів з'єднано з колекторами першого 14 і другого 17 транзисторів відповідно, а також з базами тридцять першого 29 і тридцять другого 32 транзисторів відповідно, емітери тридцять першого 29 і тридцять другого 32 транзисторів з'єднано з колекторами п'ятнадцятого 28 і шістнадцятого 33 транзисторів відповідно, емітери тридцять першого 29 і тридцять другого 32 транзисторів з'єднано з базами дванадцятого 23, тринадцятого 26, дев'янадцятого 34 та двадцятого 37 транзисторів відповідно, а також з колекторами сімнадцятого 30 і вісімнадцятого 31 транзисторів відповідно, емітер двадцять п'ятого 24 з'єднано з емітером двадцять шостого 25 транзисторів, введено два транзистори, причому емітери двадцять третього 14 та двадцять четвертого 15 транзисторів об'єднано і з'єднано з вхідною шиною 4, колектори третього 12 і першого 13 транзисторів об'єднано та з'єднано з базою п'ятнадцятого 22 транзистора, колектори другого 16 і четвертого 17 транзисторів об'єднано та з'єднано з базою шістнадцятого 25 транзистора, емітер дванадцятого 19 транзистора з'єднано з емітером тринадцятого 20 транзистора, колектор п'ятнадцятого 22 і емітер тридцять першого 23 транзисторів об'єднано та з'єднано з базою дванадцятого 19 транзистора, емітер тридцять другого 24 і колектор шістнадцятого 25 транзисторів об'єднано та з'єднано з базою тринадцятого транзистора, бази тридцять першого 23 і тридцять другого 24 транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу 8, емітер п'ятнадцятого 22 і базу тридцять третього 26 транзисторів об'єднано та з'єднано з колектором сімнадцятого 30 транзистора, емітер шістнадцятого 25 і базу тридцять четвертого 29 транзисторів об'єднано та з'єднано з колектором вісімнадцятого 33 транзистора, колектор тридцять першого 23 транзистора з'єднано з базами вісімнадцятого 33, двадцятого 34 та двадцять шостого 35 транзисторів, колектор тридцять другого 24 транзистора з'єднано з базами сімнадцятого 30, дев'янадцятого 31 та двадцять п'ятого 32 транзисторів, колектор двадцять п'ятого 32 транзистора об'єднано і з'єднано з базами дев'янадцятого 31, сімнадцятого 30, колектором тридцять другого 25 транзисторів та з'єднано з колекторами дев'янадцятого 31 та двадцять сьомого 39 транзисторів, колектор двадцять шостого 35 транзистора об'єднано і з'єднано з базами двадцятого 34, вісімнадцятого 33, колектором тридцять першого 23 транзисторів та з'єднано з колекторами двадцятого 34 та двадцять восьмого 40 транзисторів, колектори тридцять третього 26 та двадцять дев'ятого 27 об'єднано і з'єднано з базами двадцять дев'ятого 27 та двадцять сьомого 39 транзисторів, колектори тридцять четвертого 29 та тридцятого 28 об'єднано і з'єднано з базами тридцятого 28 та двадцять восьмого 40 транзисторів, емітер двадцять дев'ятого 27 з'єднано з емітером тридцятого 28 транзисторів, емітери дев'ятого 1, двадцять першого 5, сімнадцятого 30, дев'янадцятого 31 та двадцять п'ятого 32 транзисторів підключено до шини додатного 36 живлення, емітери десятого 3, двадцять другого 11, вісімнадцятого 33, двадцятого 34, двадцять шостого 35 транзисторів підключено до шини від'ємного 38 живлення, емітери двадцять сьомого 39 та двадцять восьмого 40 транзисторів об'єднано і з'єднано з вихідною шиною 37.

Пристрій працює таким чином. Вхідний сигнал у вигляді струму надходить на вхідну шину 4. Якщо вхідний струм втікає у схему, то двадцять четвертий 15 та другий 16 транзистори трохи відкриваються, а двадцять третій 14 та перший 13 транзистори трохи закриваються, відповідно тридцять другий 24 та шістнадцятий 25 транзистори трохи відкриваються, а п'ятнадцятий 22 та тридцять перший 23 транзистори трохи закриваються, відповідно двадцять шостий 33 та двадцять сьомий транзистори 39 трохи відкриваються, а тридцять четвертий 29 та двадцять восьмий 40 трохи закриваються.

Якщо вхідний струм витікає зі схеми, то двадцять четвертий 15 та другий 16 транзистори трохи закриваються, а двадцять третій 14 та перший 13 транзистори трохи відкриваються, відповідно тридцять другий 24 та шістнадцятий 25 транзистори трохи закриваються, а п'ятнадцятий 22 та тридцять перший 23 транзистори трохи відкриваються, відповідно двадцять шостий 33 та двадцять сьомий транзистори 39 трохи закриваються, а тридцять четвертий 29 та двадцять восьмий 40 трохи відкриваються.

Вхідна 4 та вихідна 37 шини утворюють вхід та вихід схеми. Шини додатного 36 та від'ємного 38 живлення, а також шина нульового потенціалу 8 задають необхідний рівень напруги для живлення схеми.

5 Джерело струму 2 та дев'ятий 1, двадцять перший 5 і сьомий 6, а також десятий 3, двадцять другий 11 і восьмий 10 транзистори утворюють схему завдання режиму по постійному струму.

Перший 13, п'ятий 7, двадцять третій 14 та другий 16, двадцять четвертий 15, шостий 9 утворюють вхідний каскад схеми.

Третій 12, одинадцятий 18 та четвертий 17, чотирнадцятий 21 утворюють компенсатор струму, який відсмоктує частину струму з колекторів другого 16 та першого 13 транзисторів.

10 П'ятнадцятий 22 та шістнадцятий 25 транзистори утворюють проміжний підсилювальний каскад.

Дванадцятий 19, тридцять перший 23, тринадцятий 20 та тридцять другий 24 транзистори утворюють двонаправлений відбивач струму.

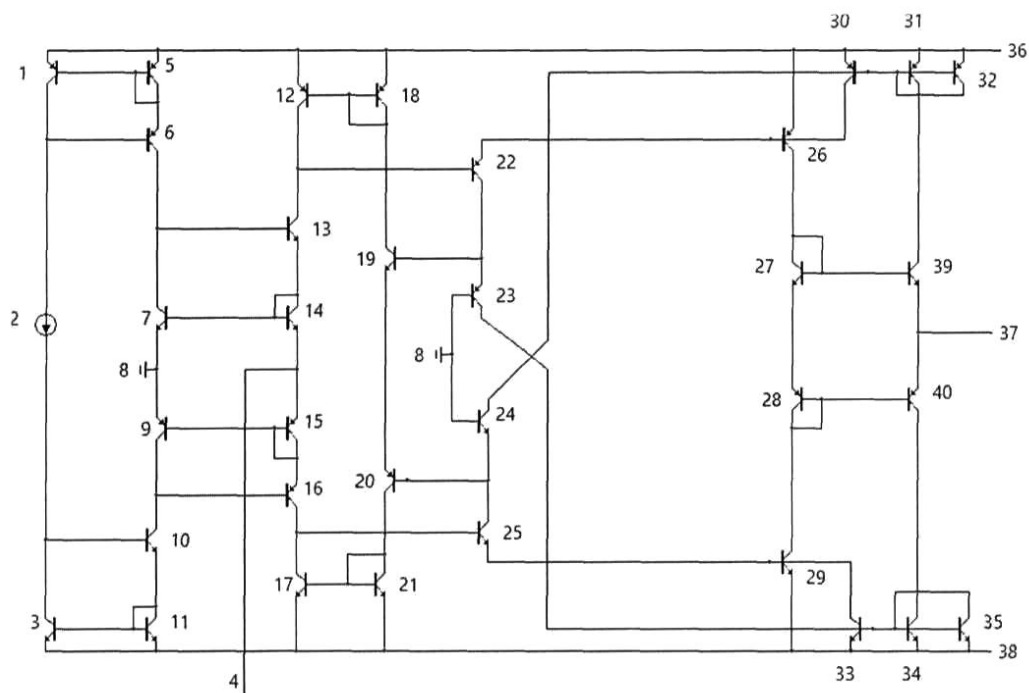
15 Тридцять третій 26, сімнадцятий 30, дев'ятнадцятий 31, двадцять п'ятий 32 та тридцять четвертий 29, вісімнадцятий 33, двадцятий 34, двадцять шостий 35 транзистори утворюють струмове дзеркало, яке передає на вихідний каскад сигнал.

Двадцять сьомий 29, тридцять дев'ятий 27, двадцять восьмий 30 та сороковий 28 транзистори утворюють вихідний каскад схеми.

## 20 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Двотактний симетричний підсилювач струму, який містить джерело струму, резистор зворотного зв'язку, коригуючий конденсатор, шини додатного та від'ємного живлення, вхідну і вихідну шини, шину нульового потенціалу, тридцять два транзистори, причому виводи джерела струму  
25 з'єднано з колекторами дев'ятого і десятого транзисторів відповідно, а також з базами сьомого і восьмого транзисторів відповідно, емітери дев'ятого, двадцять першого, десятого, двадцять другого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, бази дев'ятого і десятого з'єднано з базами і колекторами двадцять першого і двадцять другого транзисторів, а також з емітерами сьомого і восьмого транзисторів, колектори сьомого і  
30 восьмого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятого і шостого транзисторів відповідно, а також з базами першого і другого транзисторів відповідно, емітери п'ятого і шостого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, бази п'ятого і шостого транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів відповідно, а також з емітерами першого і другого транзисторів відповідно, вхідну  
35 шину з'єднано з першими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з емітерами двадцять третього і двадцять четвертого транзисторів, колектори третього і четвертого транзисторів з'єднані з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери третього, одинадцятого, п'ятнадцятого транзисторів з'єднано з шиною  
40 додатного живлення, емітери четвертого, чотирнадцятого і шістнадцятого транзисторів з'єднано з шиною від'ємного живлення, бази та колектори одинадцятого і чотирнадцятого транзисторів з'єднано з колекторами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, емітери сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів об'єднано, колектори сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів з'єднано з базами дев'ятнадцятого і двадцятого транзисторів відповідно, а також з базами дванадцятого і тринадцятого транзисторів відповідно, колектори дев'ятнадцятого і  
45 двадцятого транзисторів з'єднано з шинами додатного і від'ємного живлення відповідно, емітери дев'ятнадцятого, двадцятого транзисторів з'єднано з базами і колекторами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів відповідно, вихідну шину з'єднано з другими виводами резистора зворотного зв'язку та коригуючого конденсатора, а також з емітерами двадцять сьомого і двадцять восьмого транзисторів, двадцять дев'ятий, тридцятий, тридцять  
50 перший, тридцять другий транзистори, причому емітери двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з базами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, а також з емітерами третього і четвертого транзисторів відповідно, бази та колектори двадцять дев'ятого і тридцятого транзисторів з'єднано з колекторами першого і другого транзисторів відповідно, а також з базами тридцять першого і тридцять другого транзисторів відповідно, емітери тридцять  
55 першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з колекторами п'ятнадцятого і шістнадцятого транзисторів відповідно, емітери тридцять першого і тридцять другого транзисторів з'єднано з базами дванадцятого, тринадцятого, дев'ятнадцятого та двадцятого транзисторів відповідно, а також з колекторами сімнадцятого і вісімнадцятого транзисторів відповідно, який **відрізняється** тим, що у нього введено два транзистори, причому емітери двадцять третього та двадцять  
60 четвертого транзисторів об'єднано і з'єднано з вхідною шиною, колектори третього і першого

транзисторів об'єднано та з'єднано з базою п'ятнадцятого транзистора, колектори другого і четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою шістнадцятого транзистора, емітер дванадцятого транзистора з'єднано з емітером тринадцятого транзистора, колектор п'ятнадцятого і емітер тридцять першого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою дванадцятого транзистора, емітер тридцять другого і колектор шістнадцятого транзисторів об'єднано та з'єднано з базою тринадцятого транзистора, бази тридцять першого і тридцять другого транзисторів об'єднано та з'єднано з шиною нульового потенціалу, емітер п'ятнадцятого і базу тридцять третього транзисторів об'єднано та з'єднано з колектором сімнадцятого транзистора, емітер шістнадцятого і базу тридцять четвертого транзисторів об'єднано та з'єднано з колектором вісімнадцятого транзистора, колектор тридцять першого транзистора з'єднано з базами вісімнадцятого, двадцятого та двадцять шостого транзисторів, колектор тридцять другого транзистора з'єднано з базами сімнадцятого, дев'ятнадцятого та двадцять п'ятого транзисторів, колектор двадцять п'ятого транзистора об'єднано і з'єднано з базами дев'ятнадцятого, сімнадцятого, колектором тридцять другого транзисторів та з'єднано з колекторами дев'ятнадцятого та двадцять сьомого транзисторів, колектор двадцять шостого транзистора об'єднано і з'єднано з базами двадцятого, вісімнадцятого, колектором тридцять першого транзисторів та з'єднано з колекторами двадцятого та двадцять восьмого транзисторів, колектори тридцять третього та двадцять дев'ятого об'єднано і з'єднано з базами двадцять дев'ятого та двадцять сьомого транзисторів, колектори тридцять четвертого та тридцятого об'єднано і з'єднано з базами двадцять тридцятого та двадцять восьмого транзисторів, емітер двадцять дев'ятого з'єднано з емітером тридцятого транзисторів, емітери дев'ятого, двадцять першого, третього, одинадцятого, сімнадцятого, дев'ятнадцятого та двадцять п'ятого транзисторів підключено до шини додатного живлення, емітери десятого, двадцять другого, четвертого, чотирнадцятого, тридцять четвертого, вісімнадцятого, двадцятого, двадцять шостого транзисторів підключено до шини від'ємного живлення, емітери двадцять сьомого та двадцять восьмого транзисторів об'єднано і з'єднано з вихідною шиною.



Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601